

PUBLICATION NUMBER : 02047240
PUBLICATION DATE : 16-02-90

APPLICATION DATE : 10-08-88
APPLICATION NUMBER : 63197854

APPLICANT : NIPPON STEEL CORP;

INVENTOR : OCHI TATSURO;

INT.CL. : C22C 38/14 C22C 38/00

TITLE : MEDIUM CARBON TOUGH AND HARD STEEL

ABSTRACT : PURPOSE: To ensure strength and toughness equal to or higher than those of the conventional tempered material in an as-hot-forged state, e.g., by specifying respective contents of oxide-forming elements, such as Ti and Zr, in a medium carbon steel and incorporating the grains of oxide and composite body of oxide and MnS having a specific grain size.

CONSTITUTION: A medium carbon tough and hard steel has a composition consisting of, by weight ratio, 0.10-0.60% C, 0.01-3.00% Si, 0.20-3.00% Mn, 0.01-0.30% S, 0.03-0.30% V, 0.005-0.060% N, further one or more kinds among 0.001-0.100% Ti, 0.001-0.100% Zr, 0.001-0.200% Hf, 0.001-0.150% Y, 0.001-0.150% La, 0.001-0.150% Ce, 0.001-0.050% Ca, and 0.001-0.010% Mg, and the balance Fe with inevitable impurities. Further, the grains of oxide and composite body of oxide and MnS of 0.1-10 μ m grain size are incorporated by 1×10^3 to 1×10^6 pieces/mm³.

Moreover, the contents of Al and P are limited to $\leq 0.005\%$ and $\geq 0.03\%$, respectively. By this method, a steel having superior strength and toughness in an as-hot-forged state can be obtained while obviating the necessity of tempering treatment.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

10,090,000

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-47240

⑬ Int.Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)2月16日

C 22 C 38/14
38/00

3 0 1 A 7047-4K

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 中炭素強靱鋼

⑯ 特 願 昭63-197854

⑰ 出 願 昭63(1988)8月10日

⑱ 発 明 者 澤 井 隆 神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社
第1技術研究所内⑲ 発 明 者 高 橋 稔 彦 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社
第2技術研究所内⑳ 発 明 者 越 智 達 朗 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社
第2技術研究所内

㉑ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号

㉒ 代 理 人 弁理士 三浦 祐治

明 細 書

1. 発明の名称

中炭素強靱鋼

2. 特許請求の範囲

(1) 重量比として、

C : 0.10~0.60%, Si : 0.01~3.00%,
Mn : 0.20~3.00%, S : 0.01~0.30%,
V : 0.03~0.30%, N : 0.005~0.060%,

を含有し、さらに

Ti : 0.001~0.100%, Zr : 0.001~0.100%,
Hf : 0.001~0.200%, Y : 0.001~0.150%,
La : 0.001~0.150%, Ce : 0.001~0.150%,
Ca : 0.001~0.050%, Mg : 0.001~0.010%,のうち1種または2種以上を含有し、かつ粒子径が0.1~10.0 μ mである酸化物及び酸化物とMnSの複合体の粒子を、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$ 個/ mm^3 含有し、

Al : 0.005%以下、P : 0.03%以下

に制限し、残部がFe及び不可避免的不純物からなることを特徴とする中炭素強靱鋼。

(2) 重量比として

C : 0.10~0.60%, Si : 0.01~3.00%,
Mn : 0.20~3.00%, S : 0.01~0.30%,
V : 0.03~0.30%, N : 0.005~0.060%,

を含有し、さらに、

Ti : 0.001~0.100%, Zr : 0.001~0.100%,
Hf : 0.001~0.200%, Y : 0.001~0.150%,
La : 0.001~0.150%, Ce : 0.001~0.150%,
Ca : 0.001~0.050%, Mg : 0.001~0.010%,のうち1種または2種以上を含有し、かつ、粒子径が0.1~10.0 μ mである酸化物及び酸化物とMnSの複合体の粒子を、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$ 個/ mm^3 含有し、さらに、

Cr : 3.0%以下、Mo : 1.0%以下、

Ni : 3.0%以下、Cu : 2.0%以下、

Nb : 0.5%以下

のうち1種または2種以上を含有し、

Al : 0.005%以下、P : 0.03%以下、

に制限し、残部がFe及び不可避免的不純物からなることを特徴とする中炭素強靱鋼。

特開平2-47240 (2)

3. 発明の課題を説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は中炭素強靱鋼にかかわり、さらに詳しくは、高強度・高靱性を必要とする各種機械構造物の製造に際して、調質処理をすることなく、十分な材質特性、特に強度と靱性を製品に付与することを可能にした中炭素強靱鋼に関するものである。

〔従来の技術〕

従来、高強度・高靱性を必要とする各種機械構造物は、主として中炭素鋼を熱間鍛造によって成形後、調質処理、即ち、焼入れ焼きもどし処理をして使用されている。鋼材の調質処理は、その鋼材の強度と靱性との兼ね合いを最高度に引き出すための手段として、広く活用されてきた。

しかし、調質処理は多大なる熱エネルギーを要することから、製造コスト低減のためには、調質処理を省略する事ができる鋼材、即ち熱間鍛造のままで調質材以上の強度と靱性を確保し得るいわゆる熱間鍛造非調質鋼が必要になってくる。

した鋼材が示されている。しかしながら、この鋼材は、非調質において強度のグレードが最大 60 kgf/cm²であり、通常 75kgf/cm²以上の強度を必要とする熱間鍛造非調質鋼としては適用できず、また、この鋼材をベースとして、C量の増量等により 75kgf/cm²級の強度を確保した場合、この鋼材の基組織では、粒内フェライトによる実効的な組織の微細化は実現できず、靱性の向上が図られない。すなわち、この鋼材の技術思想は、直接的にも間接的にも、熱間鍛造非調質鋼には適用できない。

以上のように、従来のいかなる技術を用いても、調質材以上の強度と靱性の保証には未だ十分であるとはいえないのが現状である。

〔発明が解決しようとする課題〕

本発明の目的は、熱間鍛造のままで従来の調質材以上の強度と靱性の保証を可能にした、中炭素強靱鋼を提供しようとするものである。

〔課題を解決するための手段、および作用〕

本発明者らは、熱間鍛造のままで従来の調質材

一般に、鋼材の靱性を無視して、強度のみ高くすることは、非調質であっても、比較的容易であるけれども、このような鋼材は、用途が限定され、従来の調質鋼に代替できるものではない。

これに対して、特開昭50-33448号公報には、Si, Mn等を多くすることによる地鉄の強化と、Ti, V, Nbによる析出強化による鋼材の高強度化を図るとともに、鋼中のNを $0.29 \times Ti\%$ 以上と多くして、窒化物主体のTi, V, Nbの析出物を生成させることにより、旧オーステナイト粒粒を微細化して、鋼材の高靱性化を図り、熱間鍛造のままで優れた強度と靱性の確保を可能にした材料が示されている。

しかしながら、この材料を用いてもなおかつ、従来の調質材以上の強度と靱性の保証には未だ十分ではない。

一方、特開昭61-117245号公報には、溶接用低強度鋼として、溶接後の冷却過程で、旧オーステナイト粒内に生成する粒内フェライトの活用により組織を実効的に微細化し、高靱性化を可能と

以上の強度と靱性の保証を可能にした中炭素強靱鋼を実現するために、創意検討を行った結果、Ti, Zr等の酸化物生成元素を特定の範囲添加し、かつ、特定の範囲の大きさの酸化物及び酸化物とMnSの複合体の粒子を特定の範囲の微細含有させ、さらに、S, V, Nを多量添加することにより、熱間鍛造のままで微細な組織を実現することが可能であり、かかる鋼材を用いれば、熱間鍛造のままで従来の調質材以上の強度と靱性の保証が可能であるという新鋭な知見を得て、本発明をなしたものである。

即ち、本発明は以上の知見にもとづいてなされたものであって、その要旨とするところは、重量比として、C: 0.10~0.60%, Si: 0.01~3.00%, Mn: 0.20~3.00%, S: 0.01~0.30%, V: 0.03~0.30%, N: 0.005~0.060%を含有し、さらに、Ti: 0.001~0.100%, Zr: 0.001~0.100%, Hf: 0.001~0.200%, Y: 0.001~0.150%, La: 0.001~0.150%, Ce: 0.001~0.150%, Ca: 0.001~0.050%, Mg: 0.001~0.010%のう

特開平2-47240(3)

ち1種または2種以上を含有し、かつ、粒子径が $0.1 \sim 10.0 \mu\text{m}$ である酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子を、 $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$ 個/ mm^2 含有し、 Al : 0.005% 以下、 P : 0.03% 以下に制限し、残部が Fe 及び不可逆的不純物からなることを特徴とする中炭素強靱鋼にある。

又さらに必要に応じて、 Cr : 3.0% 以下、 Mo : 1.0% 以下、 Ni : 3.0% 以下、 Cu : 2.0% 以下、 Nb : 0.5% 以下のうち1種または2種以上を含有するものである。

以下に、本発明を詳細に説明する。

まず、 C は鍛造品の強度を増加させるのに有効な元素であるが、 0.10% 未満では強度が不足し、また 0.60% を超えると、靱性の劣化を招くため、含有量を $0.10 \sim 0.60\%$ とした。

次に Si は固溶体硬化による強度の増加を図ることを目的として添加する。この効果は、 1.0% 超で特に顕著であり、 1.0% 超の Si 添加が望ましいが、 $0.01\% \sim 1.0\%$ でも十分な効果を示し、 0.1% 未満ではその効果は不十分である。一方、 3.0%

0.0% を超えるとその効果は飽和し、むしろ靱性の劣化を招く。以上の理由から、 Si の含有量を $0.01 \sim 3.00\%$ とした。

また、 Mn は焼入れ性の増加によりパーライト分率を増加させ、鍛造品の強度を増加させるために添加するが、 0.20% 未満ではその効果は小さい。また 3.00% を超えると、マルテンサイトを含む組織となり、靱性の劣化を招く。そのために、 Mn の範囲を $0.20 \sim 3.00\%$ とした。

次に S 、 V 、 N は本発明鋼における重要な元素であり、熱間鍛造のままでは組織を微細化させるために、必須元素として添加する。

まず、 S は鋼中で MnS 及び硫化物と MnS の複合体として存在し、組織の微細化に寄与する。この効果は、 0.05% 超で特に顕著であり、 0.05% 超の S 添加が望ましいが、 $0.01\% \sim 0.05\%$ でも十分な効果を示し、 0.01% 未満ではその効果は不十分である。一方、 0.30% を超えるとその効果は飽和し、むしろ靱性の劣化及び異方性の増加を招く。以上の理由から、 S の含有量を $0.01 \sim 0.30\%$ と

した。

また、 V 、 N は VN の析出挙動を通じて、組織の微細化に寄与するが、 V : 0.03% 未満、 N : 0.005% 未満ではその効果は不十分であり、一方、 V : 0.30% 超、 N : 0.060% 超では、その効果は飽和し、むしろ析出硬化による靱性の劣化を招くので、その含有量を V : $0.03 \sim 0.30\%$ 、 N : $0.005 \sim 0.060\%$ とした。

次に本発明鋼においては、 Ti 、 Zr 、 Hf 、 Y 、 La 、 Ce 、 Ca 、 Mg のうち1種または2種以上を必須元素として特定の成分範囲で含有させ、かつ特定の範囲の大きさの酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子を特定の範囲の個数含有させる。なお、ここでいう酸化物とは、必須元素として添加する、 Ti 、 Zr 、 Hf 、 Y 、 La 、 Ce 、 Ca 、 Mg のうち1種または2種以上の酸化物のことである。これらの元素、酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子は、熱間鍛造後の組織を微細化し、鍛造品の靱性を増加させるために含有させる。しかしながら、 Ti 、 Zr 、 Hf 、 Y 、 La 、 Ce 、 Ca 、

Mg の含有量が 0.001% 未満であるか、又は粒子径が $0.1 \sim 10.0 \mu\text{m}$ の酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子の個数が 1×10^3 個/ mm^2 未満であれば、その効果は小さい。ここで、酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子径を $0.1 \sim 10.0 \mu\text{m}$ と限定したのは、 $0.1 \mu\text{m}$ 未満及び $10 \mu\text{m}$ 超の酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子は、熱間鍛造後の組織の微細化に対して効果が小さいためである。一方、 Ti : 0.100% 超、 Zr : 0.100% 超、 Hf : 0.200% 超、 Y : 0.150% 超、 La : 0.150% 超、 Ce : 0.150% 超、 Ca : 0.050% 超、 Mg : 0.010% 超を添加するか、又は粒子径が $0.1 \sim 10.0 \mu\text{m}$ の酸化物及び硫化物と MnS の複合体の粒子の個数が 1×10^3 個/ mm^2 超であれば、熱間鍛造後の組織の微細化に対する効果は飽和し、むしろ靱性を劣化させる。以上の理由で、各元素の含有量を、 Ti : $0.01 \sim 0.100\%$ 、 Zr : $0.001 \sim 0.100\%$ 、 Hf : $0.001 \sim 0.200\%$ 、 Y : $0.001 \sim 0.150\%$ 、 La : $0.001 \sim 0.150\%$ 、 Ce : $0.001 \sim 0.150\%$ 、 Ca : $0.001 \sim 0.050\%$ 、 Mg : $0.001 \sim 0.010\%$ とし、粒子径が $0.1 \sim$

特開平2-47240 (4)

10.0 μ mの酸化物及び酸化物と MnSの複合体の個数を $1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$ 個/mm²の範囲に限定した。なお、このような酸化物及び酸化物と MnSの複合体の粒子の個数を満足するには、例えばその手段の一つとして、本発明者の一人が特願昭63-53453号の明細書の中で提示しているように、鋳込み直前の溶鋼中の清浄度濃度を質量で 20~60ppmの範囲で制御し、酸化物生成元素の添加後溶鋼をすみやかに鋳型に鋳込み結片を製造することが有効であるが、これにこだわるものではなく、かかる酸化物及び酸化物と MnSの複合体の粒子の個数を満たせるものであれば、いかなる製造手段でも良い。一方、A₂は、鋼中で粗大な酸化物及び酸化物と MnSの複合体を形成し、脆性劣化の原因となる。特にA₂が0.005%以上で脆性の劣化が顕著となるため、A₂の含有量を0.005%以下とした。

また、Pは鋼中で粒界偏析や中心偏析を起し、脆性劣化の原因となる。特にPが0.03%を超えると脆性の劣化が顕著となるため、0.03%を上限

とした。

以上が本発明鋼の基本組成であるが、この他本発明鋼においては、鋼材の焼入れ性を増加させて、製造品の強度を増加させる目的で、Cr, Mo, Ni, Cu, Nbの1種又は2種以上を含有させることが出来る。しかしながら、これらの元素の多量添加は、経済性の点で好ましくないため、Cr, Mo, Ni, Cu及びNbの上限をそれぞれ3.0%, 1.0%, 3.0%, 2.0%及び0.5%とした。

以下に、本発明の効果を実施例により、さらに具体的に示す。

【実施例】

第1表に示す直径50mmの鋼材を、1250℃加熱の後、直径25mmに熱間鍛造し、得られた鍛造品の強度と脆性の評価を行った。これらの結果を第2表に示す。

なお、熱間鍛造のままで従来の調質材以上の強度と脆性の確保が可能否かについて、次の基準により判断した。

(1)強度：75kgf/mm²以上、且つ(2)脆性：強度に

第 1 表																						
番号	C	Si	Mn	S	V	N	Ti	Zr	Hf	Y	La	Ce	Co	Mo	Al	P	Cr, Ni, Cu, Nb	複合粒子数/mm ²				
1	0.15	2.03	1.64	0.082	0.14	0.021	—	—	—	0.037	0.012	—	—	—	0.003	0.014	—	1.2×10 ³				
2	0.34	1.52	0.76	0.055	0.27	0.008	0.012	—	—	—	—	—	—	—	0.003	0.017	—	7.3×10 ³				
3	0.28	1.67	1.37	0.018	0.07	0.017	0.005	—	—	—	—	0.023	—	—	0.004	0.014	—	5.8×10 ³				
4	0.40	0.38	1.52	0.104	0.15	0.042	0.043	—	—	—	—	—	0.024	—	0.003	0.012	—	8.7×10 ³				
5	0.43	0.92	1.75	0.127	0.21	0.021	—	0.063	—	—	—	—	—	—	0.001	0.009	—	7.4×10 ³				
6	0.38	0.36	1.63	0.065	0.12	0.041	—	0.072	—	—	0.025	—	—	—	0.002	0.025	—	5.2×10 ³				
7	0.39	1.62	1.21	0.082	0.10	0.015	—	—	0.123	—	—	—	—	—	0.002	0.021	—	6.3×10 ³				
8	0.28	1.28	1.41	0.042	0.05	0.012	—	—	0.045	—	—	—	—	—	0.007	0.002	0.008	7.1×10 ³				
9	0.35	0.31	0.72	0.125	0.20	0.038	—	—	—	0.070	—	—	—	—	0.004	0.018	—	1.2×10 ⁴				
10	0.43	0.15	0.80	0.052	0.15	0.027	—	0.038	—	0.052	—	—	—	—	0.004	0.013	—	2.4×10 ⁴				
11	0.22	2.43	2.43	0.078	0.20	0.021	—	—	—	—	0.113	—	—	—	0.003	0.014	—	5.6×10 ³				
12	0.46	1.22	0.47	0.217	0.06	0.041	—	—	—	—	0.035	0.006	—	—	0.003	0.018	—	2.3×10 ⁴				
13	0.27	1.18	1.10	0.029	0.16	0.019	—	—	—	—	—	0.072	—	—	0.003	0.021	—	1.7×10 ⁴				
14	0.38	1.21	0.73	0.141	0.07	0.009	0.001	—	—	—	—	0.017	—	—	0.003	0.022	—	2.8×10 ⁴				
15	0.29	1.72	1.71	0.072	0.24	0.018	—	—	—	—	—	—	0.033	—	0.001	0.020	—	2.8×10 ⁴				
16	0.78	2.81	2.04	0.063	0.27	0.018	—	—	0.014	—	—	—	—	0.019	—	0.002	0.022	—	0.4×10 ⁴			
17	0.53	0.12	0.75	0.133	0.08	0.021	—	—	—	—	—	—	—	—	0.008	0.002	0.014	—	8.7×10 ³			
18	0.16	1.22	1.13	0.147	0.08	0.027	—	0.042	—	—	—	—	—	—	0.005	0.002	0.013	—	1.3×10 ⁴			
19	0.45	0.25	0.42	0.212	0.14	0.048	0.071	—	—	0.041	—	—	—	—	0.003	0.023	—	—	9.0×10 ³			
20	0.37	0.21	0.66	0.091	0.15	0.023	0.012	0.009	—	—	—	—	—	—	0.019	—	0.022	0.021	—	1.4×10 ⁴		
21	0.25	1.38	1.54	0.082	0.12	0.021	0.002	0.023	0.009	—	—	—	—	0.021	0.007	0.002	0.022	—	—	9.2×10 ³		
22	0.15	2.24	0.97	0.091	0.28	0.011	0.019	—	—	—	—	—	—	—	0.002	0.015	0.50	—	—	6.8×10 ³		
23	0.37	0.50	0.80	0.032	0.07	0.021	—	—	—	—	0.041	—	—	—	—	0.001	0.011	0.60	—	—	6.8×10 ³	
24	0.28	1.97	0.25	0.078	0.15	0.027	—	—	0.024	—	—	—	—	—	0.003	0.021	0.30-0.20	—	—	8.2×10 ³		
25	0.31	0.21	0.74	0.058	0.08	0.017	0.008	0.007	0.006	0.013	—	—	—	0.013	—	0.004	0.009	2.80	—	—	8.1×10 ³	
26	0.38	0.73	0.48	0.112	0.00	0.035	—	—	0.023	—	—	—	—	—	0.003	0.008	1.20	—	—	—	8.4×10 ³	
27	0.29	0.42	1.01	0.102	0.16	0.018	—	—	—	—	0.015	0.020	—	—	0.002	0.011	0.050	—	—	—	1.1×10 ⁴	
28	0.21	1.21	1.13	0.063	0.13	0.017	0.006	—	—	—	—	—	—	—	0.008	0.002	0.021	2.10-0.20	—	—	6.7×10 ³	
29	0.25	1.73	1.21	0.065	0.13	0.027	—	—	—	0.024	—	—	—	—	0.003	0.016	0.30-0.050	—	—	—	2.1×10 ⁴	
30	0.19	2.31	1.74	0.052	0.18	0.021	—	0.005	0.005	0.021	—	—	—	0.008	—	0.004	0.010	1.80-0.30-0.050	—	—	—	8.2×10 ³
31	0.53	0.19	0.23	0.214	0.03	0.015	0.011	—	—	—	—	—	—	—	0.007	0.005	0.016	0.30-0.20-1.20-0.02	—	—	—	1.1×10 ⁴
32	0.25	1.35	1.42	0.048	0.15	0.031	—	—	0.013	0.008	—	—	—	—	0.003	0.015	0.10-0.020	—	—	—	7.1×10 ³	
33	0.97	2.42	1.19	0.004	0.09	0.019	—	0.023	—	—	—	—	—	—	0.003	0.017	—	—	—	—	5.1×10 ³	
34	0.66	0.74	0.38	0.163	0.04	0.018	0.008	—	—	0.048	—	—	—	—	0.002	0.021	—	—	—	—	1.2×10 ⁴	

(つづく)

特開平2-47240 (5)

原子番号	C	Si	Al	S	V	N	Ti	Zr	Hf	Y	La	Co	Cu	Mg	As	P	Cr, Mn, Ni, Cu, Mo	組合原子数	
35	0.22	3.72	2.05	0.082	0.12	0.021	-	-	-	-	0.051	-	-	-	0.002	0.018	-	8.1×10 ⁴	
36	0.20	3.82	0.14	0.283	0.15	0.037	-	-	0.072	-	-	-	-	-	0.003	-	-	8.1×10 ⁴	
37	0.21	1.06	3.36	0.181	0.13	0.037	-	-	-	-	0.052	-	-	-	-	0.002	0.021	2.3×10 ⁴	
38	0.30	1.21	0.81	0.066	0.18	0.021	-	-	-	-	-	-	-	0.007	0.001	0.020	-	8.2×10 ⁴	
39	0.27	1.23	1.55	0.342	0.16	0.029	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.021	2.4Ni	-	8.1×10 ⁴	
40	0.53	1.68	0.40	0.041	0.01	0.031	-	-	-	0.072	-	-	-	-	-	-	-	1.2×10 ⁴	
41	0.36	0.31	0.36	0.064	0.39	0.059	-	0.011	-	0.015	-	-	-	-	-	0.004	0.011	4.6×10 ⁴	
42	0.53	0.50	0.72	0.038	0.05	0.003	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	0.004	0.020	8.3×10 ⁴	
43	0.35	0.84	0.93	0.031	0.03	0.022	-	-	-	0.011	0.029	0.021	-	-	-	0.003	0.020	5.1×10 ⁴	
44	0.15	1.03	2.76	0.079	0.24	0.028	0.134	-	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.012	4.8×10 ⁴	
45	0.21	0.81	1.57	0.116	0.15	0.027	0.118	-	-	0.059	-	-	-	-	-	0.001	0.014	4.2×10 ⁴	
46	0.31	0.62	1.51	0.033	0.05	0.038	-	0.143	-	-	-	-	-	-	-	0.032	0.015	5.3×10 ⁴	
47	0.41	1.24	0.74	0.194	0.05	0.058	-	0.119	-	-	0.063	0.032	-	-	-	0.002	0.013	0.4Cr-1.4Ni	6.1×10 ⁴
48	0.53	0.94	0.81	0.060	0.35	0.019	-	0.128	0.067	-	-	-	0.017	0.004	0.002	0.013	-	5.4×10 ⁴	
49	0.29	0.21	1.31	0.068	0.18	0.024	-	-	0.231	-	-	-	-	-	-	0.001	0.014	-	6.4×10 ⁴
50	0.17	1.00	2.28	0.072	0.25	0.018	-	-	-	0.185	-	-	-	-	-	0.001	0.021	-	4.2×10 ⁴
51	0.25	0.91	1.78	0.121	0.16	0.021	0.015	-	-	0.171	-	-	-	-	-	0.002	0.008	0.8Cu-0.00Nb	7.2×10 ⁴
52	0.34	1.25	0.81	0.083	0.10	0.029	-	-	-	-	0.182	-	-	-	-	0.002	0.022	-	1.4×10 ⁴
53	0.21	0.53	1.73	0.053	0.13	0.031	-	-	-	-	-	0.174	-	-	-	0.004	0.022	-	5.9×10 ⁴
54	0.50	0.14	0.76	0.083	0.16	0.019	-	-	-	-	-	-	0.006	-	-	0.002	0.024	-	5.2×10 ⁴
55	0.20	2.13	1.06	0.784	0.22	0.037	-	-	-	-	-	-	-	0.034	-	0.001	0.021	-	4.9×10 ⁴
56	0.20	0.43	1.21	0.072	0.18	0.024	-	-	-	-	0.005	0.032	-	-	-	0.005	0.022	-	5.2×10 ⁴
57	0.42	1.21	0.87	0.001	0.35	0.021	0.017	-	-	0.064	-	-	-	-	-	0.004	0.053	-	6.9×10 ⁴
58	0.20	0.21	0.89	0.052	0.22	0.021	0.002	-	-	-	0.010	-	-	-	-	0.003	0.021	-	5.8×10 ⁴
59	0.34	1.02	1.40	0.221	0.12	0.031	-	-	0.032	-	-	-	-	-	-	0.003	0.019	-	7.6×10 ⁴
60	0.32	1.31	1.26	0.053	0.10	0.019	-	0.076	-	-	-	-	-	-	-	0.003	0.023	-	4.1×10 ⁴
61	0.26	0.27	1.41	0.035	0.15	0.003	0.009	-	-	-	0.042	0.010	-	-	-	0.002	0.021	-	7.8×10 ⁴
62	0.33	1.05	1.50	0.072	0.14	0.024	0.020	-	-	0.041	-	-	-	-	-	0.002	0.019	0.2Cr-0.10Cu-0.03Nb	2.9×10 ⁴

* : は本発明材

※ : 0.1~16.0μmの顔料粒子及び樹脂粒子と、RnSの複合体の粒子径(μm)

例として、顔料レプリカを塗布し、粒子径が20μmの顔料粒子、50μmの平均から粒子径を決定

第 2 表					第 3 表				
原子番号	Ti	Fe	Co	Ni	原子番号	Ti	Fe	Co	Ni
1	53.2	7.1	6.9	6.8	33	106.8	6.7	6.1	6.1
2	102.4	6.2	5.8	5.8	34	71.2	6.5	5.5	5.5
3	65.3	8.1	7.1	7.1	35	84.7	6.0	7.3	7.3
4	100.1	6.6	5.9	5.9	36	107.6	2.1	5.1	5.1
5	120.1	5.9	6.2	6.2	37	72.6	8.1	8.4	8.4
6	92.7	6.9	6.4	6.4	38	116.4	2.6	4.2	4.2
7	83.4	8.1	7.2	7.2	39	25.8	5.4	7.1	7.1
8	79.1	8.5	7.8	7.8	40	94.2	5.5	6.4	6.4
9	85.6	7.7	7.2	7.2	41	100.7	0.2	7.1	7.1
10	83.7	8.3	7.2	7.2	42	98.2	5.4	6.9	6.9
11	99.8	6.4	5.4	5.4	43	88.7	6.0	7.2	7.2
12	86.1	8.4	7.1	7.1	44	70.2	6.7	7.8	7.8
13	86.1	8.0	7.1	7.1	45	107.7	3.1	5.1	5.1
14	82.7	8.7	7.4	7.4	46	116.6	5.7	6.9	6.9
15	102.1	6.4	5.5	5.5	47	81.6	5.8	7.0	7.0
16	112.6	4.5	3.9	3.9	48	86.4	6.7	7.1	7.1
17	51.3	9.8	7.6	7.6	49	85.1	6.5	7.2	7.2
18	82.1	8.7	7.5	7.5	50	87.3	0.6	7.5	7.5
19	77.9	8.9	7.9	7.9	51	105.0	4.3	5.2	5.2
20	82.4	6.2	7.5	7.5	52	96.7	0.4	6.1	6.1
21	86.0	7.9	6.9	6.9	53	84.3	0.6	7.2	7.2
22	107.3	5.4	5.1	5.1	54	85.7	6.4	7.2	7.2
23	96.3	8.0	7.2	7.2	55	86.4	6.5	7.1	7.1
24	82.8	8.5	7.5	7.5	56	87.2	5.0	7.9	7.9
25	85.6	8.8	7.2	7.2	57	78.1	6.7	7.9	7.9
26	85.8	8.3	7.8	7.8	58	82.8	6.7	7.2	7.2
27	81.7	8.1	7.3	7.3	59	83.9	6.4	7.2	7.2
28	83.0	7.5	6.9	6.9	60	99.2	5.7	6.3	6.3
29	89.7	7.3	6.8	6.8	61	83.4	6.3	6.8	6.8
30	107.7	5.9	5.5	5.5	62	84.2	6.7	7.2	7.2
31	85.1	7.8	7.2	7.2	63	80.6	5.2	6.8	6.8

特開平2-47240 (6)

応じて $\sigma_{0.2} = 15.3 - 0.095 \times T.S. \text{ kgf/cm}^2$ 以上(鋼管用高耐熱鍛造用鋼として、一般に用いられている、SHn鋼の焼入れ焼戻し(560℃焼戻し)材の強度と靱性をその化学成分と併せて第3表に示したが、靱性($\sigma_{0.2}$)を強度(T.S.)について、四捨分析すると、 $\sigma_{0.2} = 15.3 - 0.095 \times T.S.$ となるため)。

第2表から明らかなように、本発明の鋼は、いずれも熱間鍛造のままで、75kgf/mm²以上の強度と、強度に応じて、 $\sigma_{0.2} = 15.3 - 0.095 \times T.S. \text{ kgf/cm}^2$ 以上の靱性を有することがわかる。

一方、比較例33, 36は、C或はMnの含有量がそれぞれ本発明の範囲を下回った場合であり、ともに強度が不足している。比較例34, 35, 37, 56, 57はC, Si, Mn, Al或はPのいずれかの含有量がそれぞれ本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも所定の靱性が得られていない。また、比較例38, 40, 42は、S, V, Nのいずれかの含有量がそれぞれ本発明の範囲を下回った場合であり、比較例39, 41, 43は、S, V, Nの

いずれかの含有量がそれぞれ本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも所定の靱性が得られていない。さらに、比較例44, 45は、Ti, 比較例46, 47, 49はZr, 比較例49はFe, 比較例50, 51はV, 比較例52はLa, 比較例53はCo, 比較例54はCa, 比較例55はMgの含有量がそれぞれ本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも所定の靱性が得られていない。また比較例58, 59は粒子径が0.1~10.0μmである酸化物及び酸化物とMnSの複合体の粒子の個数が本発明の範囲を下回った場合であり、比較例60, 61, 62は粒子径が0.1~10.0μmである酸化物及び酸化物とMnSの複合体の粒子の個数が本発明の範囲を上回った場合であり、いずれも所定の靱性が得られていない。

〔発明の効果〕

以上述べたごとく、本発明の鋼を用いれば、熱間鍛造ままで従来の鋼質材以上の強度と靱性の確保が可能であり、従来必要とした調整処理の省略とそれにとりまう製造コスト低減が可能となり、

産業上の効果は極めて顕著なるものがある。

特許出願人 新日本鋼鉄株式会社
代理人 三浦 相 治